



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza
Instituto de Geociências
Departamento de Geologia

**DISPERSÃO GEOQUÍMICA DE METAIS ASSOCIADOS
A MINERALIZAÇÃO DE Au NO REGOLITO DO
DEPÓSITO IGARAPÉ-BAHIA (SEÇÃO 1100N).**

Luiz Rogério J. de Azevedo

CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

Dezembro 2007



DISPERSÃO GEOQUÍMICA DE METAIS ASSOCIADOS
A MINERALIZAÇÃO DE Au NO REGOLITO DO
DEPÓSITO IGARAPÉ-BAHIA (SEÇÃO 1100N).

Luiz Rogério J. de Azevedo

Monografia submetida ao Curso de
Graduação em Geologia, Instituto de
Geociências, da Universidade Federal do Rio de
Janeiro – UFRJ, como requisito necessário para
obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador: Cláudio Gerheim Porto

Rio de Janeiro
Dezembro 2007

DISPERSÃO GEOQUÍMICA DE METAIS ASSOCIADOS
A MINERALIZAÇÃO DE Au NO REGOLITO DO
DEPÓSITO IGARAPÉ-BAHIA (SEÇÃO 1100N).

Luiz Rogério J. de Azevedo

Orientador: Cláudio Gerheim Porto

Monografia submetida ao Curso de Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como requisito necessário à obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Aprovada por:

Presidente: Claudio G. Porto, UFRJ

Helena Polivanov, UFRJ

Cícera Neysi de Almeida, UFRJ

Rio de Janeiro
Dezembro 2007

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a todos os integrantes do “Projeto LATAM” pelos momentos agradáveis passados durante as duas viagens que fiz com o grupo, por todo conhecimento compartilhado durante este trabalho e pelo ambiente tranquilo da sala de trabalho. Agradeço a CVRD pelo conhecimento adquirido durante a viagem feita no mês de junho de 2007, e em especial aos funcionários que passaram os dias com a gente.

Não posso deixar de agradecer aos meus padrinhos, os quais sem a ajuda dos mesmos talvez não chegasse ao fim do curso. Aos meus pais e minha família que sempre me apoiaram, e aos amigos que foram feitos durante esse período da minha vida.

RESUMO

DISPERSÃO GEOQUÍMICA DE METAIS ASSOCIADOS A MINERALIZAÇÃO DE Au NO REGOLITO DO DEPÓSITO IGARAPÉ-BAHIA (SEÇÃO 1100N).

Luiz Rogério J. de Azevedo

Orientador: Cláudio Gerheim Porto

Resumo da Monografia submetida ao Curso de Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como requisito necessário à obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

O presente estudo baseia-se na preparação de amostras e no tratamento e interpretação de análises geoquímicas realizadas no depósito aurífero de Igarapé-Bahia (seção 1100N), província mineral de Carajás. O objetivo principal é identificar os melhores meios de amostragens para detectar mineralizações de Au e entender as características da distribuição geoquímica e dispersão do ouro, e mais 12 elementos citados na literatura como tendo teores anômalos nas rochas mineralizadas. A amostragem foi feita desde os níveis mais avançados de alteração supergênica (latossolo) até a rocha sã, portadora da mineralização primária.

As brechas hidrotermais que ocorrem com alto ângulo de mergulho, são a fonte da mineralização primária de Au. Tais brechas são hospedadas por uma seqüência vulcano-sedimentar pertencente à Formação Grota do Vizinho, do Grupo Igarapé-Bahia, estando localizadas na zona de contato entre suas unidades superior e inferior, tendo todo o conjunto sido gerado entre o Arqueano e o Proterozóico Inferior.

Um espesso manto regolítico foi produzido através de processos intempéricos atuantes durante o Cretáceo/Eoceno e Neógeno, promovendo a formação de latossolos, gossans, crostas lateríticas, zonas ferruginosas e saprólitos que ultrapassam 150m de profundidade. Tal fenômeno causou notável dispersão do ouro a partir da rocha primária, resultando em halos de dispersão lateral concentrados nos horizontes ferruginosos. As amostras foram coletadas sobre a zona mineralizada (furos BF-165 BF-159 e BF-130) e sobre os halos de dispersão (furos BF-128, BF-174 e perfil BP-1), sendo as mesmas provenientes de latossolo, crosta laterítica, zona ferruginosa, saprólito e rocha sã.

Com os resultados, observa-se que os melhores meios de amostragens são a crosta laterítica e a zona ferruginosa colapsada e os elementos guias são: o próprio Au e Cu, Mo, Pb em amostras totais, Zn, La, Ce, CaO, MnO, e principalmente o U, o qual deu os melhores resultados na análise de contrastes do minério sobre o halo, juntamente com o Au. O latossolo não apresenta nenhuma resposta a mineralização, sendo portanto alóctone.

- Palavras-chave: Igarapé-Bahia, regolito, geoquímica.

Rio de Janeiro
Dezembro 2007

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	iv
RESUMO.....	v
SUMÁRIO.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE GRÁFICOS.....	ix
I - INTRODUÇÃO	1
I.1 - Objetivos.....	2
I.2 - Geologia da Província Mineral de Carajás	2
I.3 - Geologia do depósito do Igarapé-Bahia.....	4
I.4 - Geoquímica do minério	7
II - METODOLOGIA	7
II.1 - Seleção das amostras.....	7
II.2 - Procedimento laboratorial:	9
II.3 – Análise química.....	11
III – RESULTADOS	12
III.1 – Nas amostras totais	12
III.2 – Nas frações do latossolo	14
III.3 - Nas frações da crosta.....	16
III.4 - Nas frações da zona ferruginosa	18
III.5 - Contrastes entre a zona mineralizada e os halos de dispersão: razão Ore/Halo	20
IV – ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	20
V - CONCLUSÕES	23
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	24

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: *Mapa de localização e acessos para a área de estudo (Fonte: Mapa Rodoviário do Pará, 2002).*

Figura 2: *Distribuição das províncias geocronológicas do Cráton Amazônico com base em Tassinari e Macambira (1999 apud Mantesso-Neto, 2004).*

Figura 3: *Mapa geológico simplificado da região de Carajás (Docegeo 1988, Araújo e Maia 1991, Barros e Barbey 1998 apud Tallarico et al. 2000). Em vermelho, a localização do depósito de Igarapé-Bahia, área do presente estudo.*

Figura 4: *Mapa geológico de Igarapé Bahia, destacando a seção AS1100N e o perfil BP-1, principais alvos de estudo do presente trabalho (modificado de Tallarico et al., 2000).*

Figura 5 - *Seção geológica de onde foram selecionadas 15 amostras entre os furos 128, 159, e 165. Legenda: 1 –latossolo; 2–crosta laterítica; 3 –zona ferruginosa colapsada; 4–saprólito de gabro; 5 –saprólito de metavulcânica; 6–saprólito de metabásica hidrotermalizada; 7–brechas hidrotermais; 8–metassiltito*

Figura 6 - *oólitos e pisólitos.*

Figura 7 - *magnéticos.*

Figura 8 - *concreções.*

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – amostras que foram selecionadas para serem tratadas (peso em gramas) além das amostras BF-130 e BF-174.

Tabela 2 - relação das amostras já pulverizadas enviadas ao laboratório ACME (peso em gramas).

Tabela 3: tabela mostrando os elementos analisados e o tipo de análise química utilizada pelo laboratório ACME.

Tabela 4: Tabela de contrastes mostrando os principais meios de amostragens para Au, sendo que em amarelo estão os contrastes que estão no mínimo duas vezes maior que os teores nos halos.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráficos 1: *gráficos dos teores das amostra totais, nos estratos do regolito, sobre a zona mineralizada (Furos: BF-165, BF-159 e BF-130) e os halos de dispersão (Furos BF-174 e BF-128; e perfil BP-1).*

Gráficos 2: *gráficos dos teores nas frações do latossolo sobre a zona mineralizada (Furo BF-165) e os halos de dispersão (Furo BF-128 e Perfil BP-1), comparando com o teor da amostra total nesta estrato.*

Gráficos 3: *gráficos dos teores nas frações da crosta sobre a zona mineralizada (Furo BF-159) e os halos de dispersão (Furo BF-128 e Perfil BP-1), comparando com o teor da amostra total neste estrato.*

Gráficos 4: *gráficos dos teores nas frações da zona ferruginosa sobre a zona mineralizada (Furo BF-159) e os halos de dispersão (Furo BF-128 e Perfil BP-1), comparando com o teor da amostra total neste estrato.*

I - INTRODUÇÃO

O depósito de Cu-Au do Igarapé Bahia está localizado na Província Mineral de Carajás (Estado do Pará), nordeste do Brasil, aproximadamente 70 km a oeste da Vila da Carajás e é constituído por uma seqüência metavulcanossedimentar metamorfozada, do Supergrupo Itacaiúnas. A Companhia Docegeo descobriu esse depósito em 1974 durante explorações geológicas e geoquímicas realizadas na área. Esta região é coberta pela carta topográfica Araguaia (SB-22) na escala 1:1.000.000 – IBGE (figura 1), com coordenadas UTM iguais a 547400 E e 9333150 N.

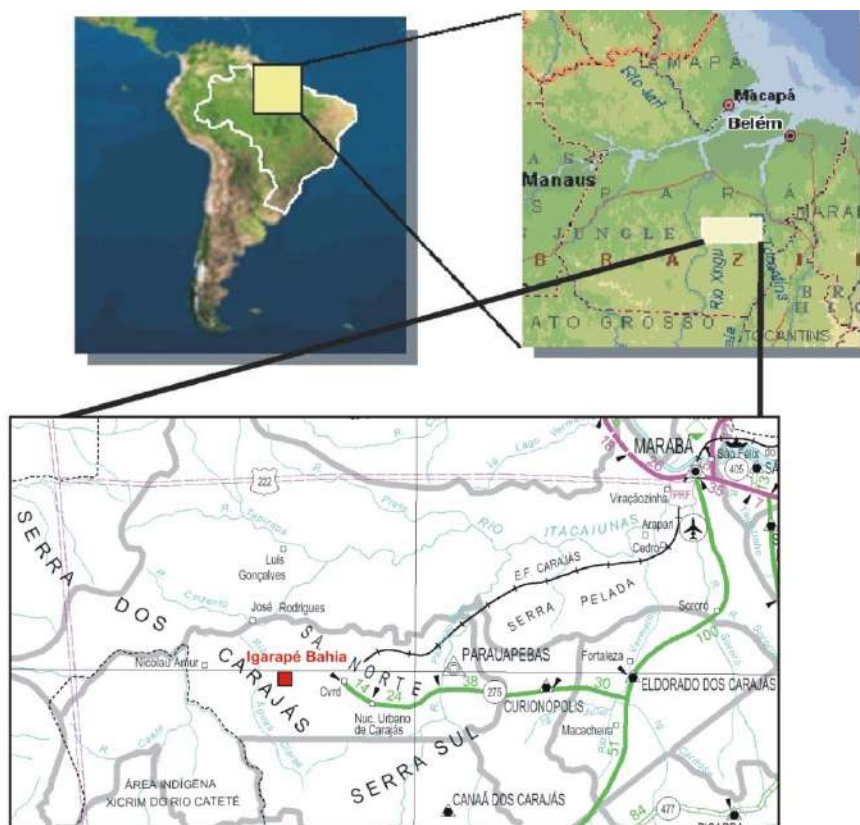


Figura 1: Mapa de localização e acessos para a área de estudo (Fonte: Mapa Rodoviário do Pará, 2002).

O depósito encontra-se encoberto por um platô laterítico, relicto da superfície de aplanamento relacionado ao ciclo geomorfológico Sul-Americano, durante o Oligoceno, com aproximadamente 650m de altitude e, em torno de 200m de profundidade de manto de intemperismo (Tazava & Oliveira, 2000). O depósito consiste de uma zona laterítica oxidada, a qual produziu cerca de 10t/ano de ouro até o ano de 2002 pela Companhia Vale do Rio

Doce (CVRD) (Dreher *et al.*, 2005), e uma parte inferior que contém mineralização primária de cobre e ouro produzida por alteração hidrotermal (Docegeo, 1988). Essa zona mineralizada é caracterizada por um domínio de brechas polimíticas que em função da natureza do cimento hidrotermal, são classificadas como clorita brechas, siderita brechas e magnetita brechas (Tallarico e Oliveira, 2000). Essas brechas são constituídas por fragmentos angulares a subarredondados das rochas encaixantes que variam de poucos milimétricos até 20 cm.

I.1 - Objetivos

O objetivo deste trabalho é analisar a dispersão geoquímica de metais associados a mineralização de Au-Cu no regolito do Igarapé-Bahia e com isso buscar compreender quais métodos mais eficazes de amostragens para mineralizações de Cu-Au em regolitos. Observando também as características da distribuição e dispersão dos elementos nas diferentes fases composicionais do regolito sobre a mineralização (Furos BF-165, BF-159 e BF-130) e os halos de dispersão (Furo BF-128, BF-174 e Perfil BP-1) do depósito Igarapé-Bahia (seção 1100N), serão feitas interpretações sobre a proveniência do latossolo, o comportamento dos metais nas diferentes frações granulométricas e entendimento dos processos de dispersão geoquímica.

I.2 - Geologia da Província Mineral de Carajás

Em termos geológicos, a área estudada está inserida no domínio oriental do Cráton Amazônico (Docegeo, 1988), constituído pelas Províncias Geocronológicas Amazônia Central (> 2.3 Ga), Maroni-Itacaiúnas (2.2 – 1.95 Ga) e Ventuari-Tapajós (1.95 – 1.8 Ga), conforme Tassinari & Macambira 1999(Figura 2).

A região da Serra dos Carajás se encontra sobre rochas do embasamento constituídas de gnaisses e migmatitos do Complexo Xingu - 2.86Ga e ortogranulitos do Complexo Pium -

3.0Ga (Machado *et al.*, 1991; Rodrigues *et al.*, 1992). Esses dois complexos são resultantes do retrabalhamento metamórfico de terrenos arqueanos.

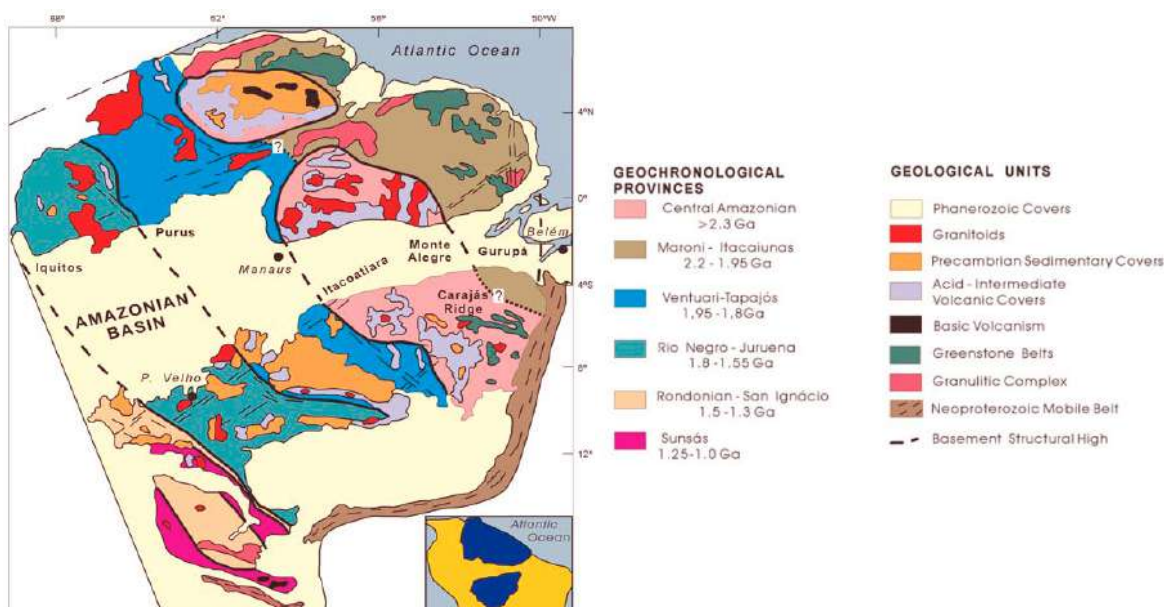


Figura 2: Distribuição das províncias geocronológicas do Cráton Amazônico com base em Tassinari e Macambira (1999).

O Supergrupo Itacaiúnas (Docegeo, 1988) repousa discordantemente sobre o embasamento e compreende três grupos. A unidade basal do Itacaiúnas é formada pelo Grupo Igarapé Salobo-Pojuca - 2.76Ga, o qual é composto por anfibolitos, quartzitos e formações ferríferas. A unidade intermediária é o Grupo Grão Pará, formado por três unidades, compostas por rochas vulcânicas e formações ferríferas bandadas (Docegeo, 1988; Lindenmayer *et al.*, 1998). O grupo Igarapé Bahia constitui a unidade superior do Supergrupo Itacaiúnas, sendo formado por rochas metassedimentares, metavulcanoclásticas, intrusivas, e metavulcânicas básicas que foram descritas através de furos de sondagem, pois as mesmas não afloram na área da mina (Docegeo, 1988).

Sobre o Grupo Igarapé Bahia encontra-se a Formação Águas Claras (Araújo *et al.*, 1991) ou Grupo Rio Fresco (Docegeo, 1988), composta por rochas siliciclásticas de origem marinha.

A região de Carajás foi intrudida por rochas graníticas, de idade arqueana, que incluem granitos e dioritos da Suíte Plaquê - 2.74Ga (Hunt *et al.*, 1999 *apud* Tallarico *et al.*,

2000) e granitos alcalinos - 2.5Ga como o Complexo Estrela (Barros *et al.*, 1992 *apud* Tallarico *et al.*, 2000) e granito Salobo. No Proterozóico - 1.88Ga (Machado *et al.*, 1991) outras intrusões incluem plutons graníticos como o Granito Central e Granito Cigano (Figura 3).

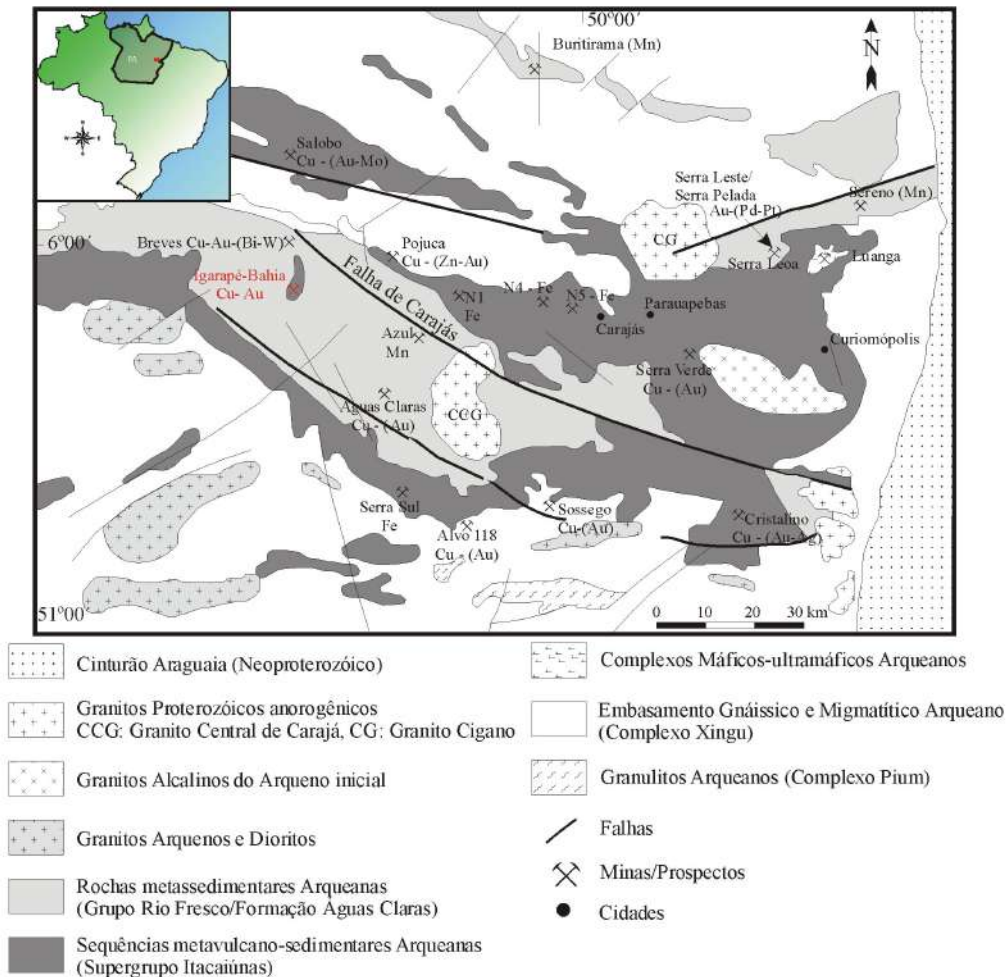


Figura 3: Mapa geológico simplificado da região de Carajás (Docegeo 1988, Araújo e Maia 1991, Barros e Barbey 1998 *apud* Tallarico *et al.* 2000). Em vermelho, a localização do depósito de Igarapé-Bahia, área do presente estudo.

I.3 - Geologia do depósito do Igarapé-Bahia

O depósito Igarapé-Bahia é constituído pelos corpos de minério reconhecidos pela DOCEGEO como Acampamento Norte, Acampamento Sul, Furo Trinta e Alemão (Figura 4). O Grupo Igarapé-Bahia e a Formação Águas Claras são os representantes das rochas que afloram na mina Igarapé-Bahia. Neste depósito, a CVRD produziu cerca de 10t/ ano de ouro até 2002, quando a operação foi encerrada (Dreher *et al.* 2005).

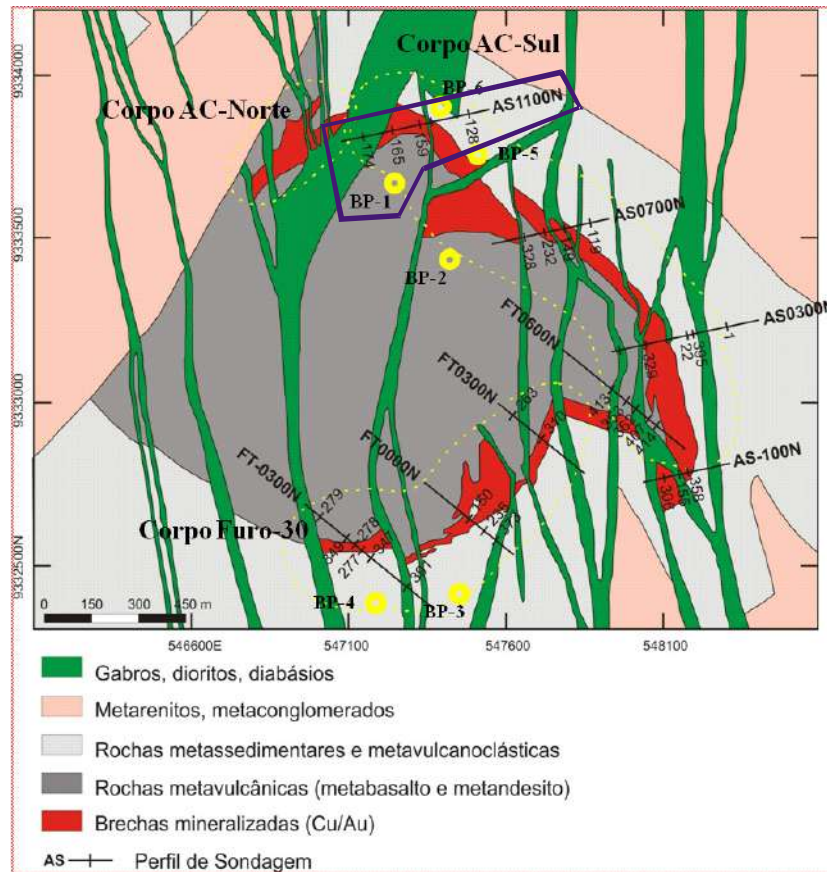


Figura 4: Mapa geológico de Igarapé Bahia, destacando a seção AS1100N e o perfil BP-1, principais alvos de estudo do presente trabalho (modificado de Tallarico *et al.*, 2000).

O Grupo Igarapé-Bahia é formado por rochas metavulcanossedimentares estruturadas segundo a direção NNW, com mergulho médio aproximado de 70° para NE (Tazava *et al.* 1999), as quais são divididas em duas unidades: a Formação Grota do Vizinho (basal), a qual corresponde a um pacote metavulcanossedimentar de baixo grau metamórfico (fácies xisto verde), representado por metavulcânicas, metapiroclásticas, formações ferríferas, e metassedimentares detríticas finas (metarritmitos); e a Formação Sumidouro (topo), essencialmente sedimentar, constituída por um conjunto de metarenitos (Docegeo 1988). Em superfície, essas rochas encontram-se intensamente alteradas devido ao intemperismo e formam uma espessa seqüência laterítica enriquecida em ouro, na qual Au-Cu foram dissolvidos, separados, e reprecipitados em diferentes tipos de minério. A parte superior do perfil inclui gossan contendo ouro que se estende até a profundidade de aproximadamente 150m. O gossan é composto principalmente de minerais de goethita, hematita, gibbsita, e

kaolinita, além de traços de minerais de cobre secundário e fosfatos ricos em ETR (Tallarico *et al.*, 2005). A transição da zona de gossan ocorre de 150 para 200m de profundidade, onde soluções supergênicas percolaram e precipitaram cobre, originando um minério secundário de Cu-Au. Os domínios mineralizados ocorrem abaixo de 200m de profundidade e são representados por uma grande variedade de brechas heterolíticas, compostas por fragmentos de rochas encaixantes e matriz hidrotermal, caracterizada por sulfetos (calcopirita-bornita-pirita-molibdenita), óxido de ferro (magnetita), carbonatos (calcita-siderita), fluorita, ouro, minerais ricos em urânio e elementos terras raras (Tazava *et al.*, 1999, Tallarico *et al.*, 1998).

A Formação Águas Claras é constituída por rochas metassedimentares elásticas divididas em duas unidades (Nogueira *et al.*, 1994) que representam uma fácies marinha transicional na base e uma fácies fluvial no topo. Porém, segundo Almada & Villas (1999), Araújo *et al* (1988) ainda incluem nessa formação a porção sedimentar elástica do Grupo Igarapé-Bahia, o que é contestado por Nogueira (1995) e Bocalon (1997).

Todo o depósito é cortado por um enxame de diques de composição básica e apresenta como característica principal um metamorfismo hidrotermal compatível com associações minerais da fácies xisto verde (Almada & Villas, 1999). As rochas metabásicas são representadas por derrames de basaltos e intrusões subordinadas de diabásio com diferentes estágios de alteração. Além dessas rochas de composição basáltica, ocorrem subordinadamente rochas de composição intermediária a ácida, como andesitos e dacitos, porém todas essas rochas podem mostrar-se brechadas.

Embora as brechas estejam em menor abundância que as rochas metavulcânicas e metassedimentares, as brechas são parte significativa do Grupo Igarapé-Bahia. As brechas são concordantes a subconcordantes com a estruturação geral do Grupo Igarapé-Bahia, ocorrendo ao longo do contato entre as rochas metavulcânicas e metassedimentares, o qual se encontra verticalizado (Almada & Villas, 1999). Essas brechas foram afetadas por falhamentos

gerados provavelmente pelo mesmo tectonismo distensivo que foi responsável pela colocação dos diques de diabásio que cortam o Grupo Igarapé-Bahia.

I.4 - Geoquímica do minério

Segundo Tallarico *et al.* (2000) as brechas mineralizadas contém concentrações anômalas de Fe₂O₃ (25-64 %), Cu (0.5-11 wt%), U (28-380 ppm), Au (0.5-15 ppm), Ag (4-52 ppm), Ba (26-200 ppm), F (390-3100 ppm), P (900-6200 ppm) e ETR, particularmente La (260-2300 ppm) e Ce (450-4400 ppm). Tallarico também observou enriquecimento em MnO (0.5-3 wt%), CaO (0.5-9 wt%), Mo (50-200 ppm) e Zn (150-450 ppm) relativamente nessas rochas. Segundo o mesmo autor, o comportamento intercorrelacionado de todos esses elementos sugere uma origem metassomática comum e refletem no efeito do metassomatismo do Fe, sulfidação, cloritização e alteração carbonática. Traços de barita, fluorita, galena, esfalerita, molibdenita, uraninita, apatita, monazita, entre outros como inclusões na calcopirita e minerais de ganga explicam o enriquecimento em Ba, F, Pb, Zn, Mo, U, ETR e P.

Portanto, neste trabalho só daremos ênfase no estudo da distribuição de 13 metais no regolito, a citar: Fe₂O₃, CaO, MnO, Ba, La, Ce, U, Au, Ag, Mo, Zn, Cu e Pb.

II - METODOLOGIA

II.1 - Seleção das amostras:

Primeiramente foram selecionadas 15 amostras de testemunhos de sondagem, na seção 1100N, entre os Furos 159 e 165 (zona mineralizada) e o Furo 128 (halo de dispersão) (Figura 5), e mais 15 amostras de canal no Perfil BP1 (halo de dispersão) da Mina Igarapé-Bahia (Tabela 1). Porém, neste trabalho, também foram adicionadas amostras que já haviam sido trabalhadas antes pelo Projeto Latam, tais como amostras dos Furos BF-130 (zona mineralizada) e BF-174 (halo de dispersão), porém elas não foram separadas em frações e só temos resultados de amostra total.

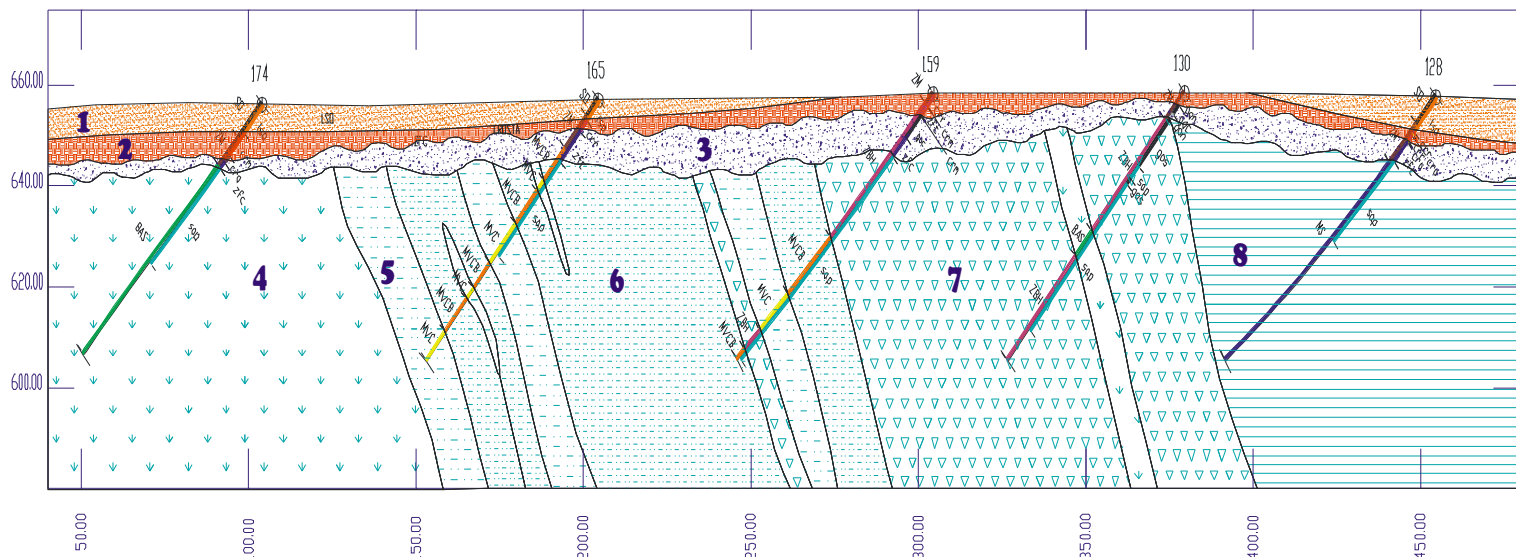


Figura 5 - Seção geológica de onde foram selecionadas 15 amostras entre os furos 128, 159, e 165. Legenda: 1 –latossolo; 2– crosta laterítica; 3 –zona ferruginosa colapsada; 4–saprólito de gabo; 5 –saprólito de metavulcânica; 6–saprólito de metabásica hidrotermalizada; 7-brechas hidrotermais; 8-metassiltito

As amostras foram selecionadas com intuito de representar o regolito sobre a zona mineralizada (Furos BF-165, BF-159 e BF-130) e sobre os halos de dispersão (Furos BF-128, e BF-174; e perfil BP1). As zonas do regolito que foram amostradas e analisadas foram: latossolo, crosta roxa, zona ferruginosa, saprólito, e rocha sã com a mineralização primária, para que se pudessem obter informações sobre o comportamento dos elementos nos estratos amostrados do regolito, tanto sobre a mineralização quanto sobre os halos de dispersão.

Tabela 1 – amostras que foram utilizadas para esse trabalho (peso em gramas), além das amostras BF-130 e BF-174.

Amostra	Peso inicial	Amostra	Peso inicial
BP1- 01	528	BF128- 1/2	1445
BP1 -03	675	BF128- 5/6	1455
BP1 - 06	962	BF128- 9/10	1326
BP1- 10	815	BF128- 13/14	1468
BP1- 12/13	1145	BF128- 15/16	1085
BP1- 15	725	BF128- 19/20	972
BP1- 17/18	1208	BF128- 22/23	1030
BP1- 21		BF159- 1	735
BP1- 22	783	BF159- 6/7	1365
BP1- 23		BF159- 9/10	1368
BP1- 24		BF165- 1/2	931
BP1- 25		BF165- 3/4	1255
BP1- 26	1463	BF165- 5/6	1040
BP1- 27		BF165- 7/8	1285
BP1- 28		BF165- 9/10	1127

II.2 - Procedimento laboratorial:

Após a escolha das amostras, estas passaram por um peneiramento a seco para retirada da fração fina (fração A: $< 0,053\text{mm}$). As frações mais grosseiras, como continham muitos torrões de argila, tiveram que passar por um processo de lavagem no laboratório de via - úmida, na qual essas amostras foram tratadas com a solução de hexametáfosfato de sódio para melhor dissolução dos torrões. Em seguida, elas foram lavadas em água corrente na peneira de $0,053\text{mm}$ para que se obtivesse a real granulometria das amostras do regolito.

Essas amostras acima de $0,053\text{mm}$ foram peneiradas em outras duas frações que ficaram da seguinte forma: fração intermediária - B($0.053- 0.5\text{mm}$), e fração grosseira - C($>0.5\text{mm}$), sendo que a fração C $> 0.5\text{mm}$ ainda foi separada manualmente, com auxílio de lupa binocular, em: pisólitos e oólitos (Figura 6), materiais magnéticos (Figura 7), concreções ferruginosas (Figura 8) e a sobra. Porém, como a sobra era praticamente de quartzo e restos de torrões de argila, optamos por não analisar esse material. Os pesos das amostras estão na tabela 2, sendo que o peso da fração fina foi obtido por diferença do peso total da amostra inicial com o peso das outras frações. Em algumas amostras, como elas chegaram após a preparação das outras, não temos o peso inicial.



Figura 6 - oólitos e pisólitos.

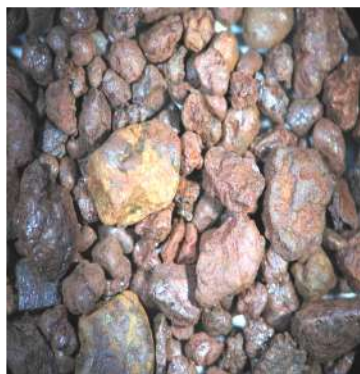


Figura 7 - magnéticos.

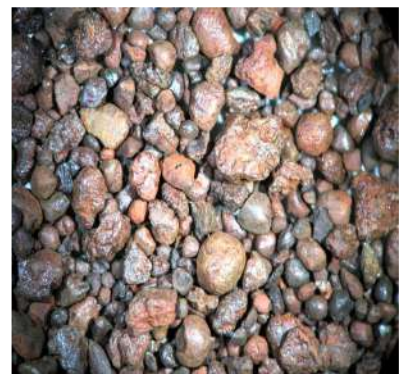


Figura 8 - concreções.

Com a separação manual dos materiais do regolito feita, realizamos uma repesagem das mesmas e percebemos que algumas amostras continham menor quantidade do que a mínima

exigida pelo laboratório, de no mínimo 5 a 10 gramas para se fazer a análise química, então algumas amostras tiveram que ser juntadas para somar pesos. Com isso, após juntar algumas amostras, tivemos que pulveriza-las com cuidado para que nenhum material a mais fosse perdido, e enviamos as mesmas ao laboratório ACME para que fosse realizada a análise química desses materiais (tabela 2).

Tabela 2 - relação das amostras já pulverizadas enviadas ao laboratório ACME (peso em gramas).

Horizonte	Amostra	Fração A	Fração B	Fração C	Pisólitos	Magnéticos	Concreções
latossolo	BP1-1	81	8				
latossolo	BP1-3	140	10				
latossolo	BP1-6	157	11				
latossolo	BP1-1a6				4	4	16
latossolo	BP1-10	119	9				
latossolo	BP1-12/13	80	9				
latossolo	BP1-15	109	7				
latossolo	BP1-10a15				8	4	29
latossolo	BP1-17/18	176	11		6	5	47
C roxa	BP1-21	19	22	140			
C roxa	BP1-22	26	36	165			
C roxa	BP1-23	35	35	205			
C roxa	BP1-24	39	165	181			
C roxa	BP1-25	43	39	153			
Zona Ferr. Colaps.	BP1-26	93	82	178			
Sapr. de gabro	BP1-27	32	168	173			
Sapr. de gabro	BP1-28	81	63	65			
latossolo	BF128-1/2	135	23				
latossolo	BF128-5/6	101	20				
latossolo	BF128-9/10	119	18				
latossolo	BF128-1a10				6	14	35
latossolo	BF128-13/14	113	17				
latossolo	BF128-15/16	79	15				
latossolo	BF128-13a16				4	10	24
C roxa	BF128-19/20	43	73	235			
Zona Ferr. Colaps.	BF128-22/23	75	65	140			
C roxa	BF159-1	47	31	133			
Zona Ferr. Colaps.	BF159-6/7	63	104	260			
Zona Ferr. Colaps.	BF159-9/10	86	131	215			
latossolo	BF165-1/2	122	16				
latossolo	BF165-3/4	162	19				
latossolo	BF165-1a4				6	52	100
latossolo	BF165-5/6	152	16		4	7	23
latossolo	BF165-7/8	280	21		5	8	27
latossolo	BF165-9/10	189	17		6	9	31

II.3 – Análise química

A análise química das amostras foi feita através da fusão por LiBO₂ (leitura ICO-ES e leitura ICP-MS) para elementos maiores, e para os elementos de terras raras e refratários. Já para os metais base e preciosos, foi feita a análise de abertura por água régia (leitura ICP-MS) (tabela 3).

Tabela 3: *tabela mostrando os elementos analisados e o tipo de análise química utilizada pelo laboratório ACME.*

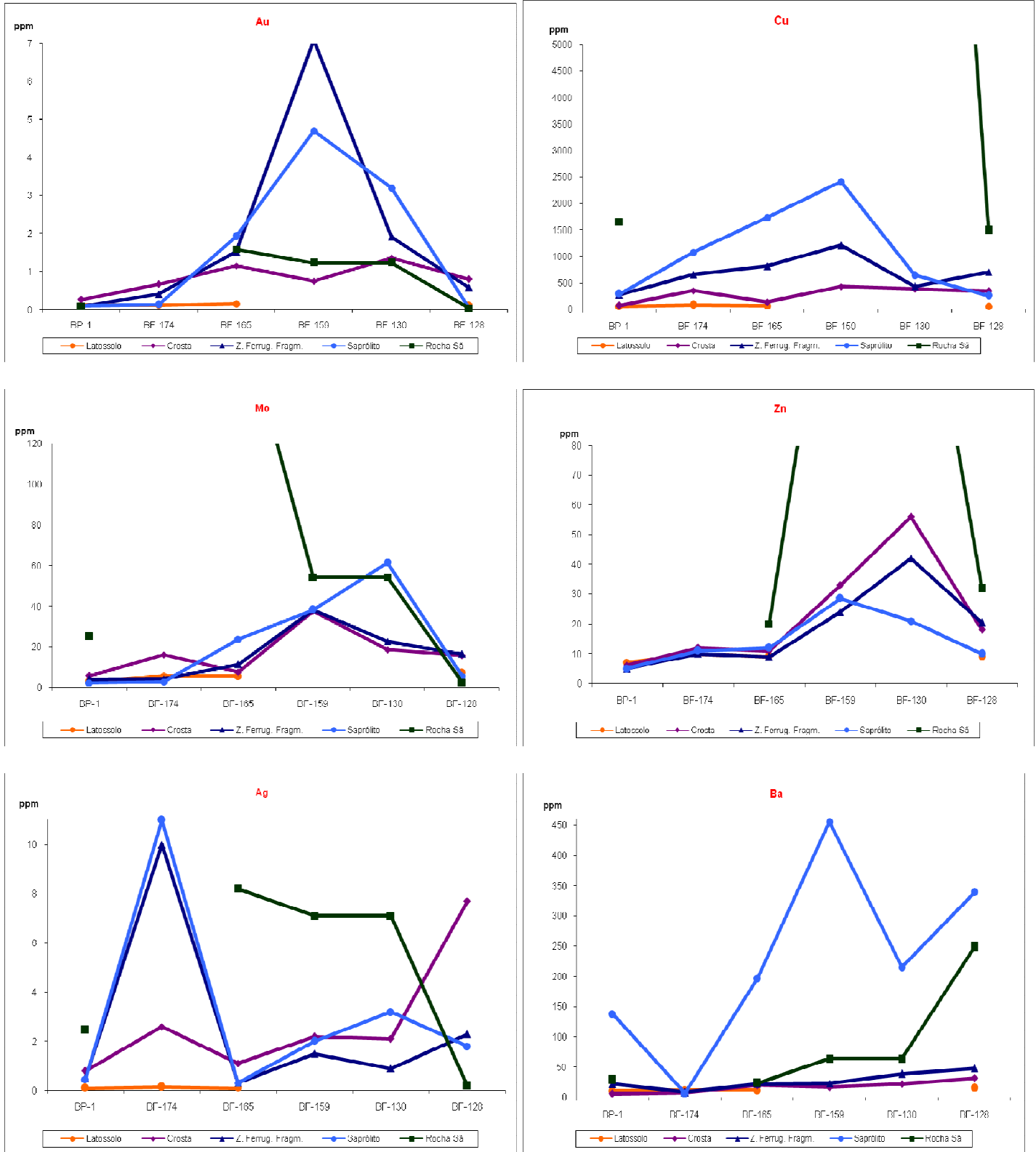
Fe ₂ O ₃ CaO MnO	Análise: Grupo 4A (LiBO ₂); fusão por LiBO ₂
Ba U La Ce	Análise: Grupo 4B e REE (LiBO ₂); fusão por LiBO ₂
Mo Cu Zn Ag Au Pb	Análise: Grupo 1DX (AR); abertura por água régia

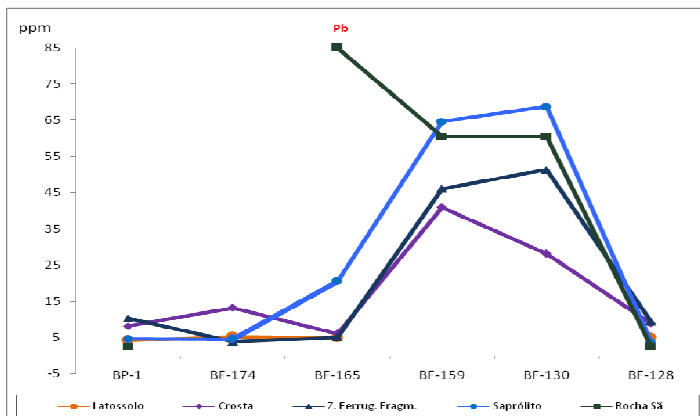
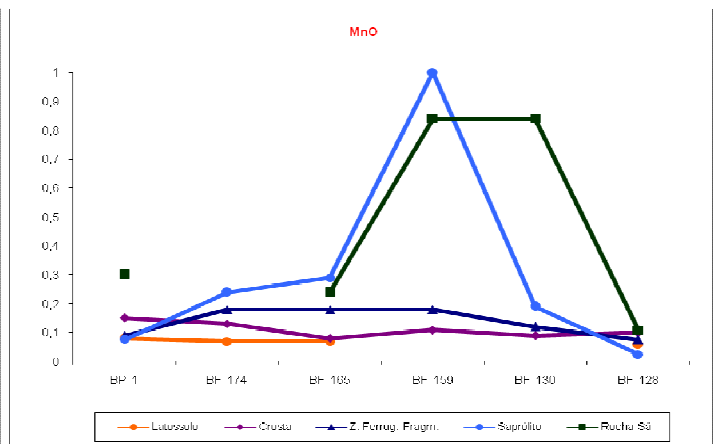
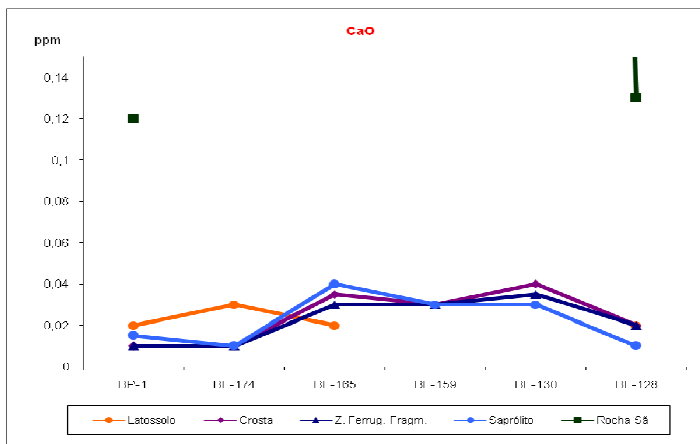
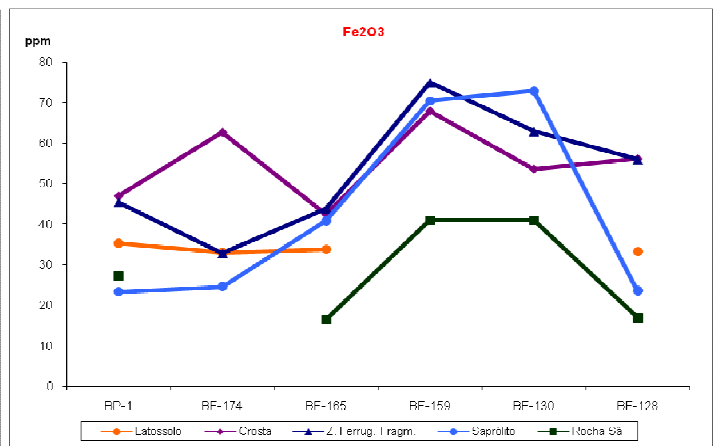
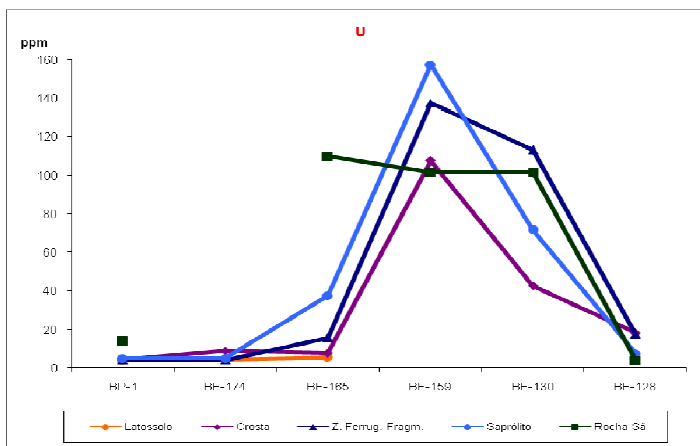
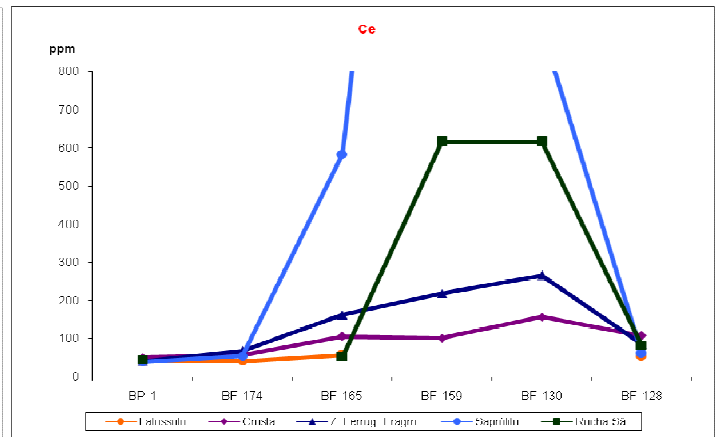
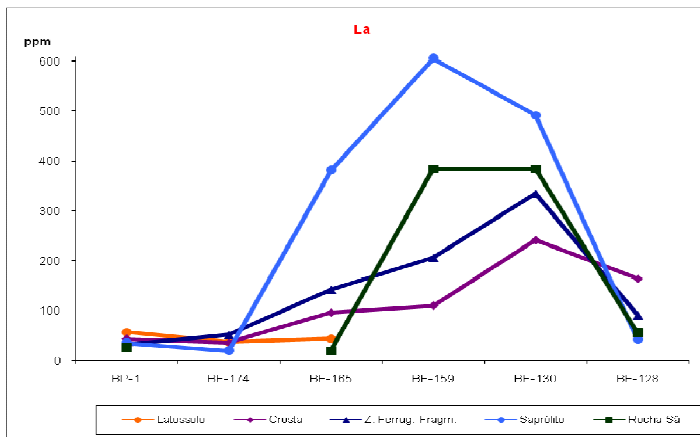
Com a obtenção dos dados, estes foram tratados e plotados em tabelas com seus teores medianos, pois a quantidade de resultados era muito grande. Destas tabelas, foram gerados os gráficos para amostras totais, e gráficos de comparação entre as amostras totais e suas frações nos mesmos estratos, exceto para os estratos do saprólito e da rocha fresca, pois esses não foram separados em frações. Depois, foram utilizadas a média das medianas para ser feito uma tabela de contrastes do minério sobre o halo, através da razão: ore/halo.

III – RESULTADOS

III.1 – Nas amostras totais

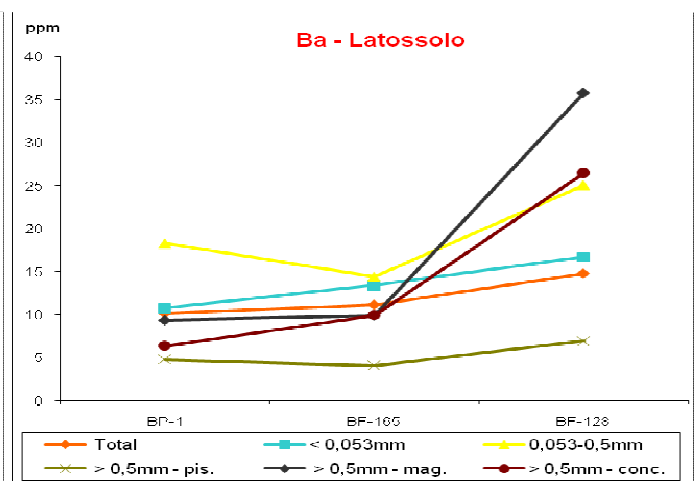
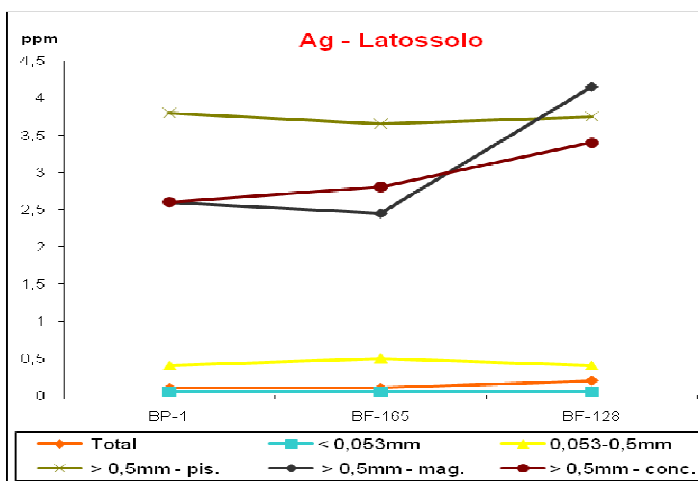
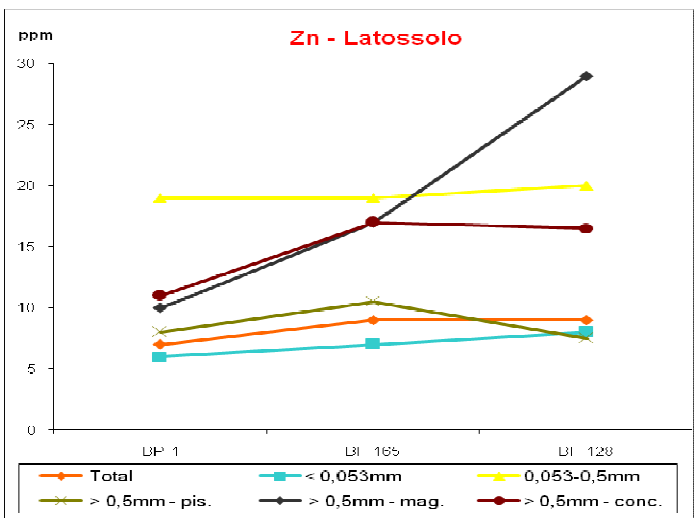
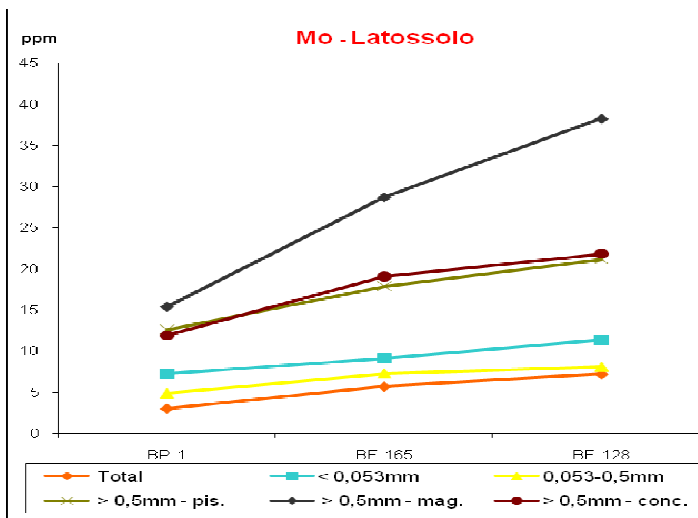
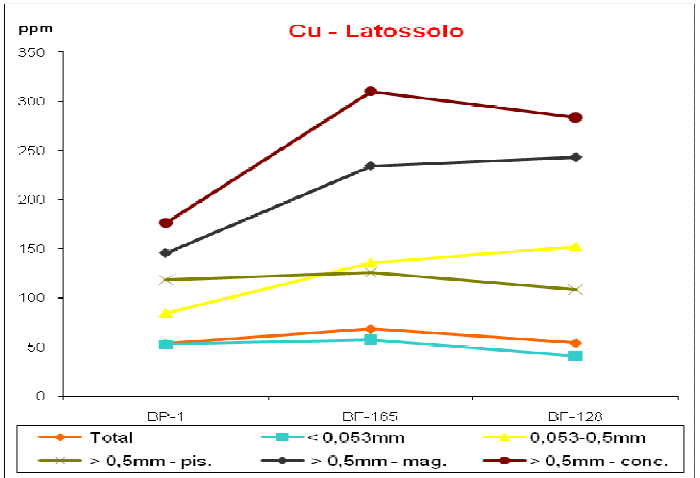
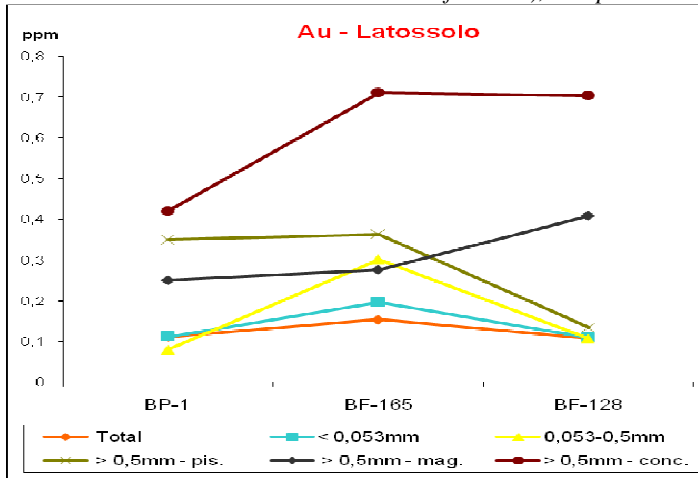
Gráficos 1: gráficos dos teores das amostras totais, nos estratos do regolito, sobre a zona mineralizada (Furos: BF-165, BF-159 e BF-130) e os halos de dispersão (Furos BF-174 e BF-128; e perfil BP-1).

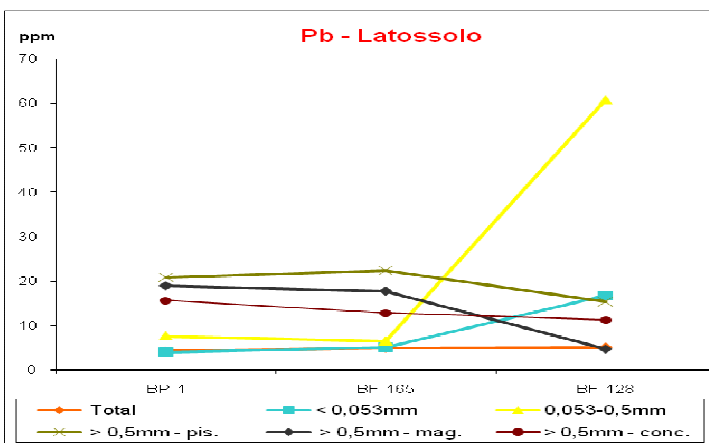
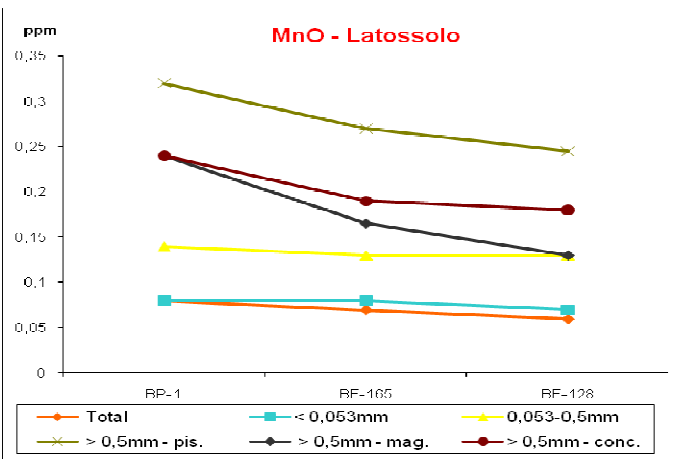
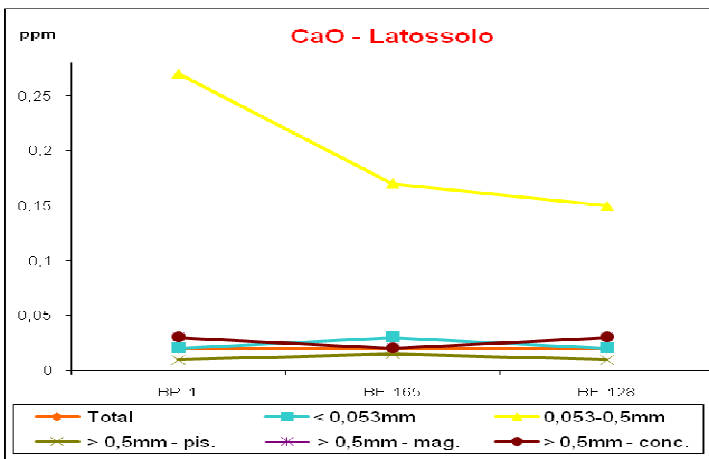
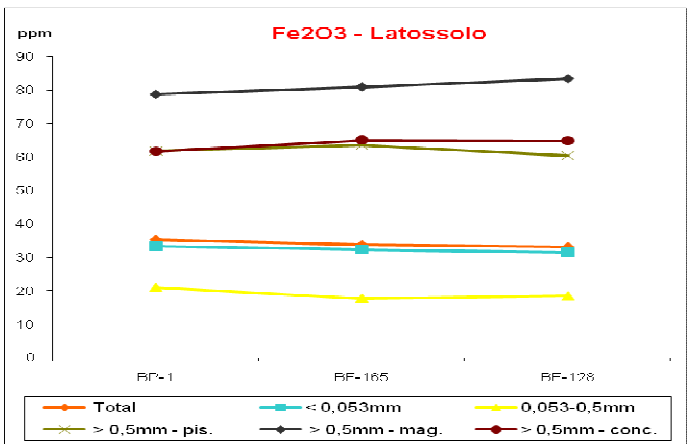
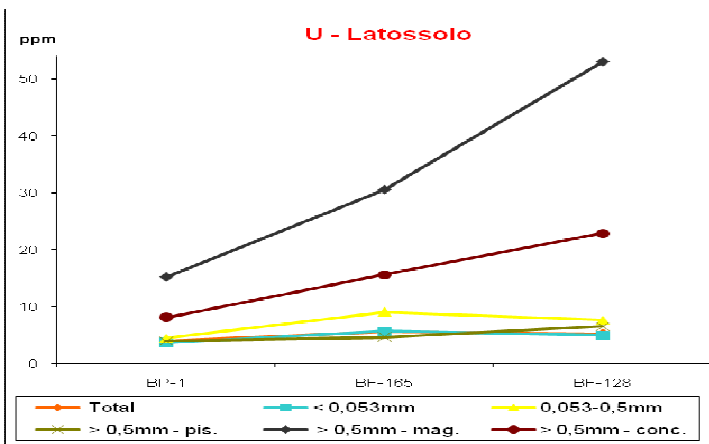
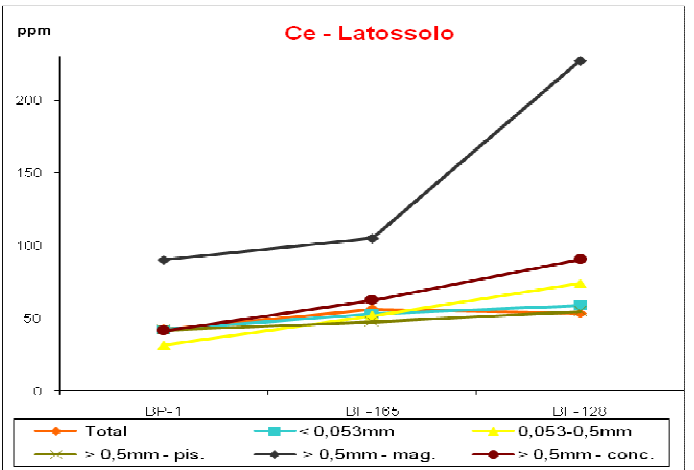
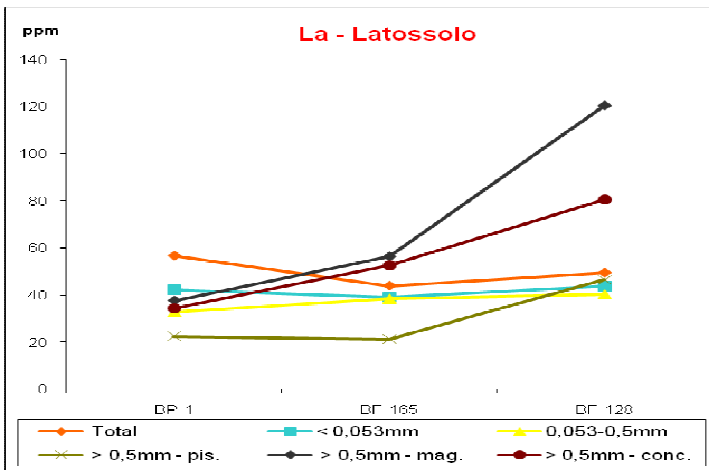




III.2 – Nas frações do latossolo

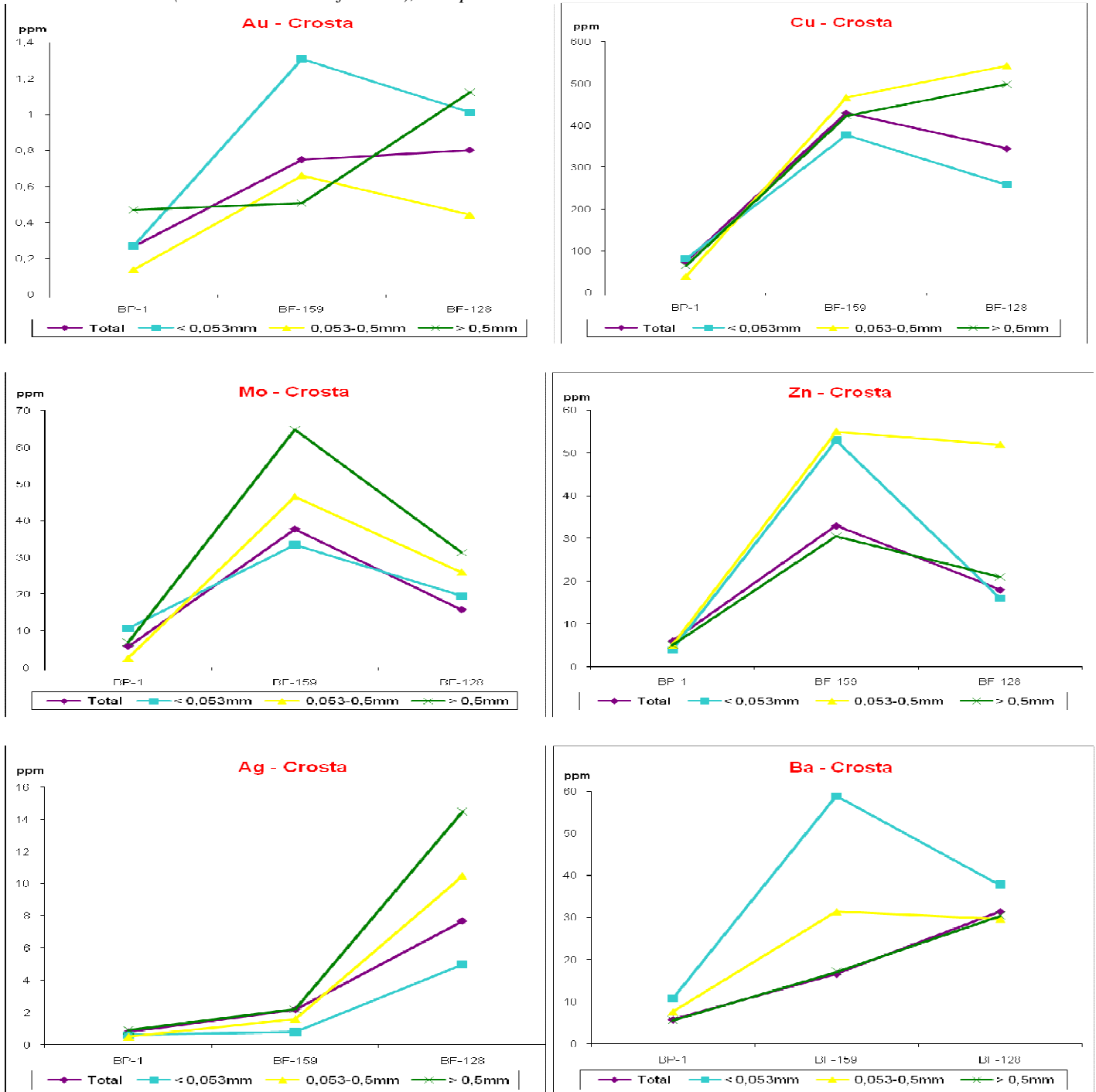
Gráficos 2: gráficos dos teores nas frações do latossolo sobre a zona mineralizada (Furo BF-165) e os halos de dispersão (Furo BF-128 e Perfil BP-1), comparando com o teor da amostra total neste estrato.

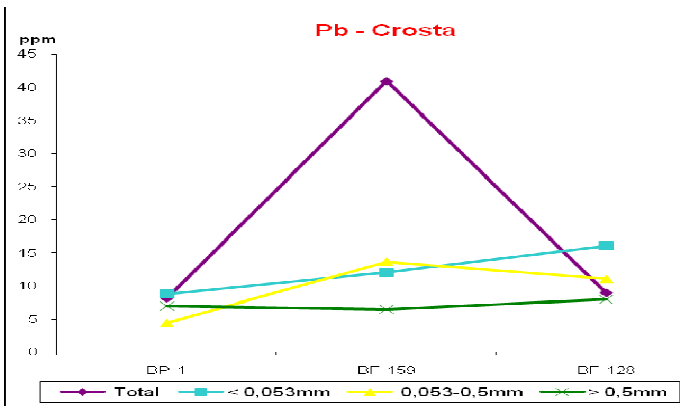
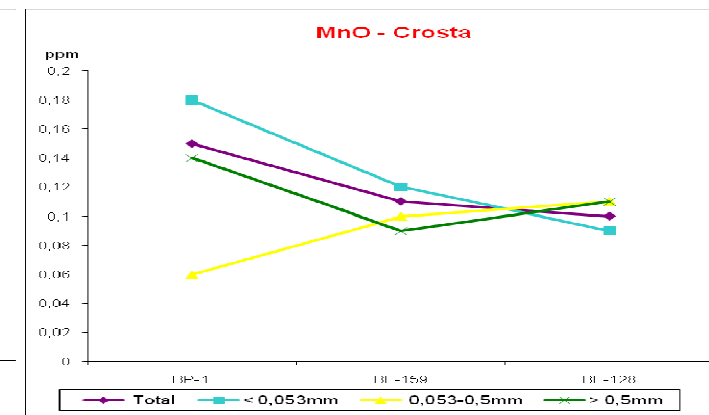
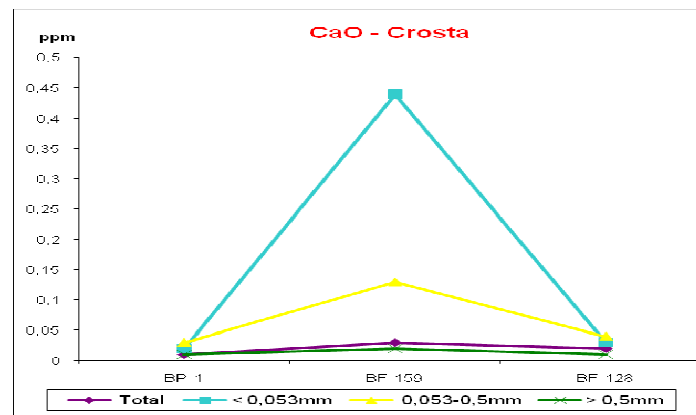
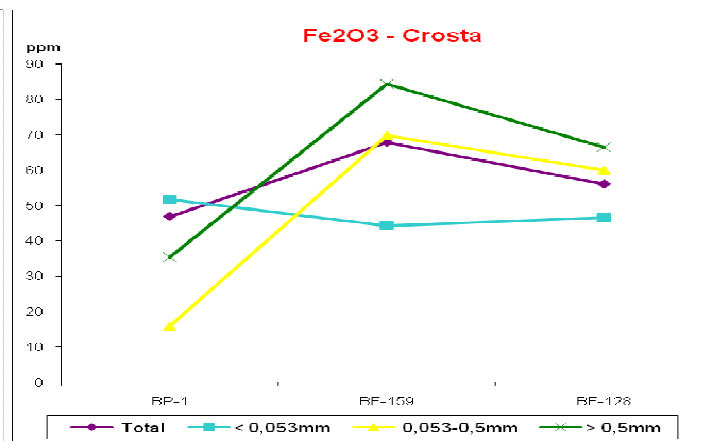
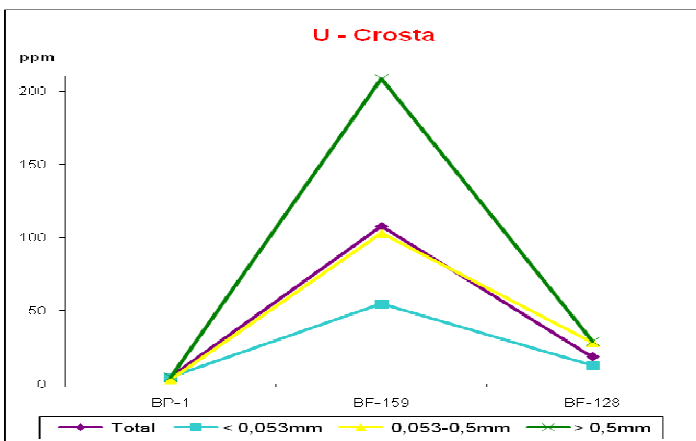
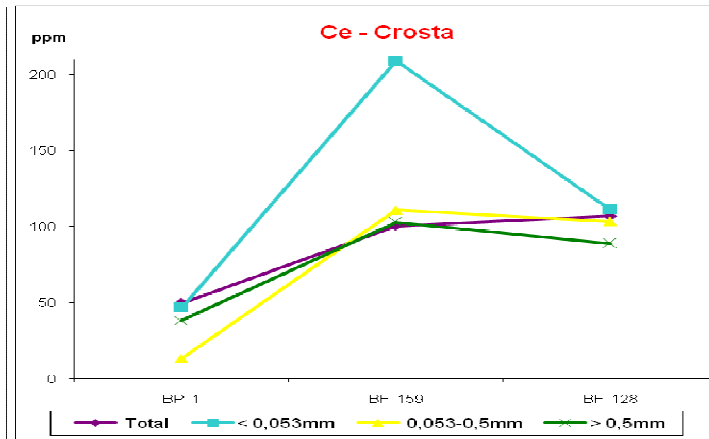
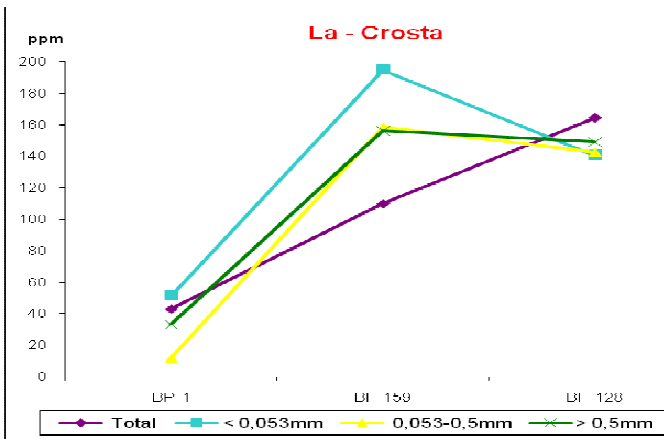




III.3 - Nas frações da crosta

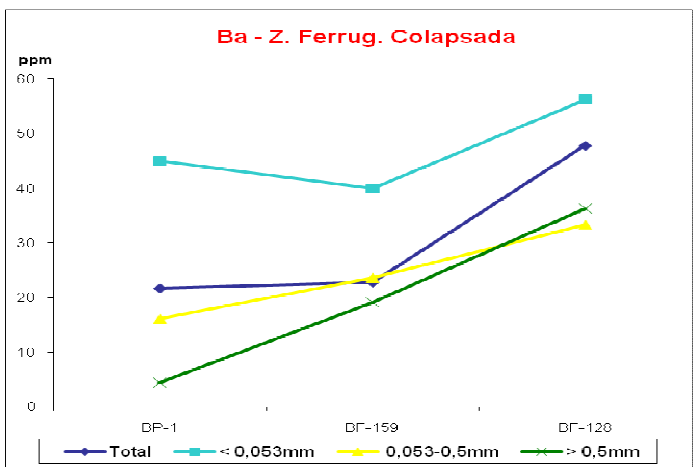
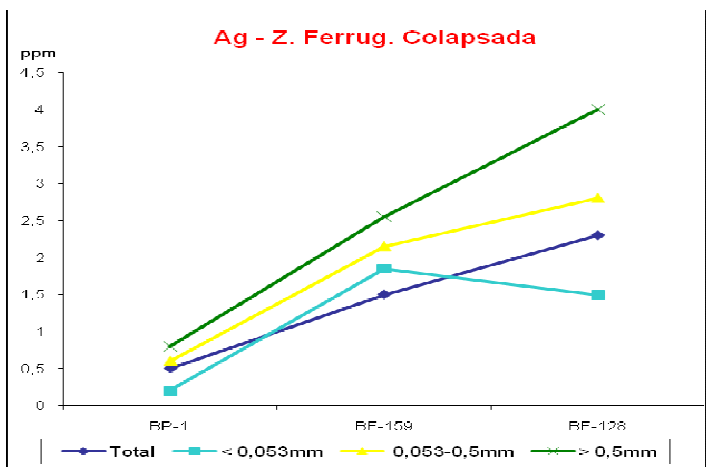
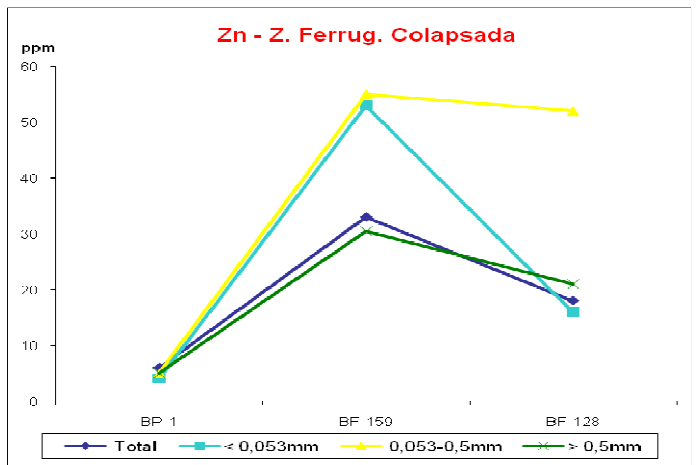
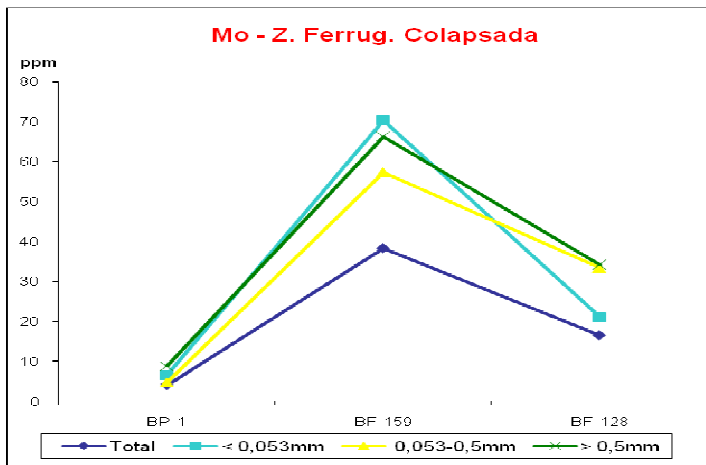
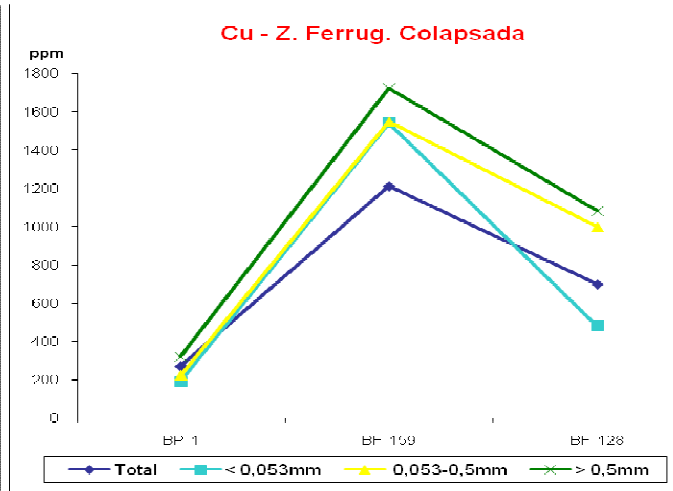
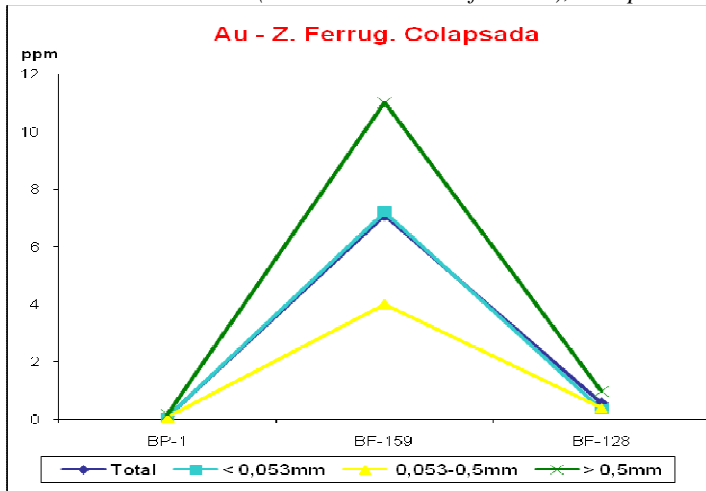
Gráficos 3: gráficos dos teores nas frações da crosta sobre a zona mineralizada (Furo BF-159) e os halos de dispersão (Furo BF-128 e Perfil BP-1), comparando com o teor da amostra total neste estrato.

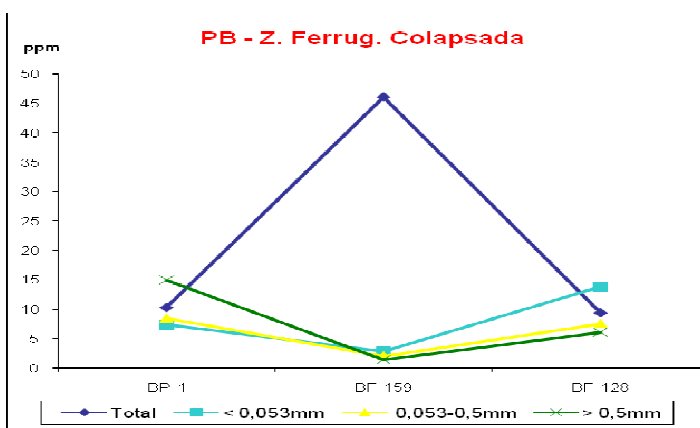
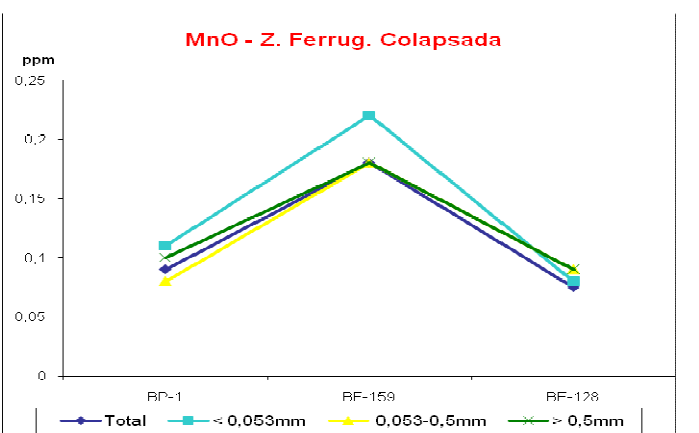
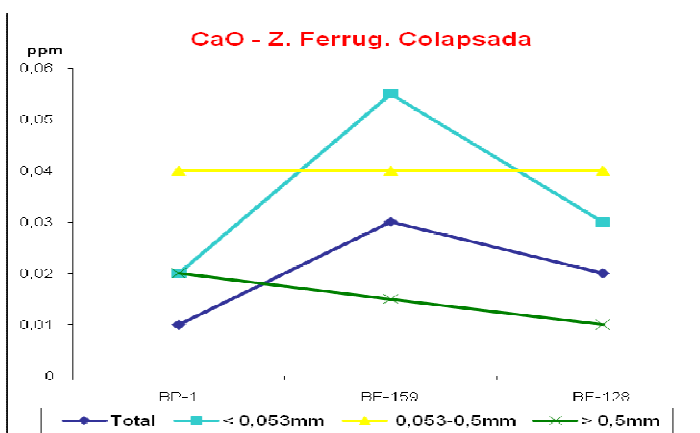
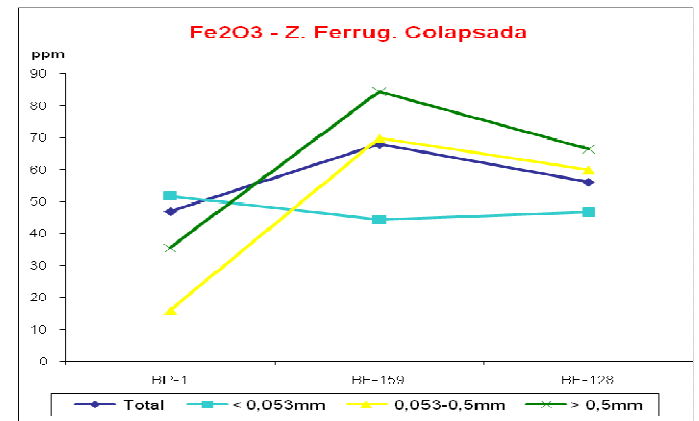
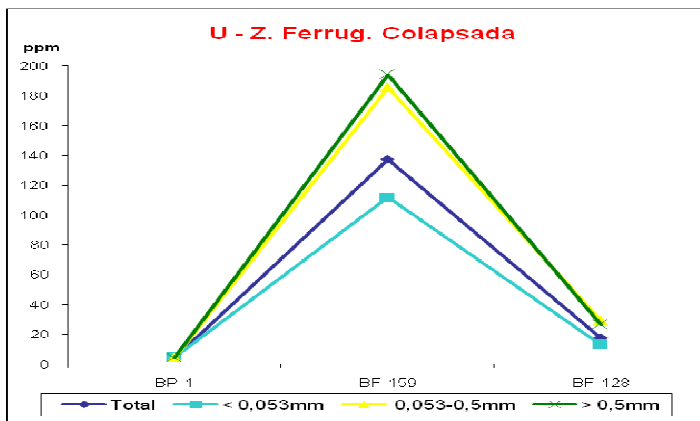
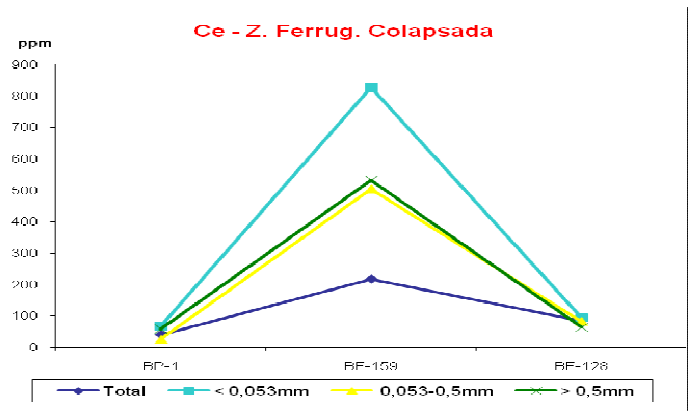
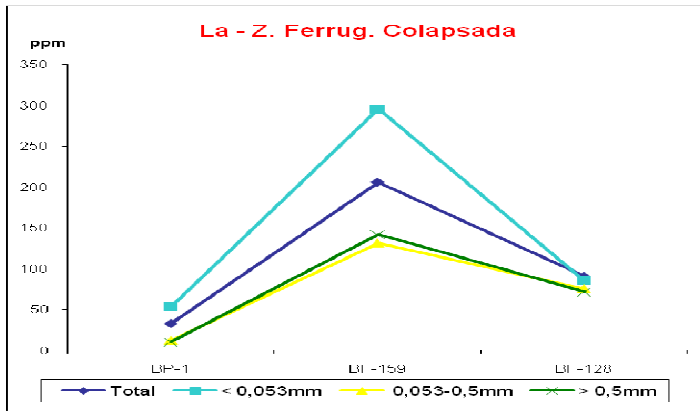




III.4 - Nas frações da zona ferruginosa colapsada

Gráficos 4: gráficos dos teores nas frações da zona ferruginosa sobre a zona mineralizada (Furo BF-159) e os halos de dispersão (Furo BF-128 e Perfil BP-1), comparando com o teor da amostra total neste estrato.





III.5 - Contrastes entre a zona mineralizada e os halos de dispersão: razão Ore/Halo

Tabela 4: Tabela de contrastes mostrando os principais meios de amostragens para Au, sendo que em amarelo estão os contrastes que estão no mínimo duas vezes maior que os teores nos halos.

Amostras – Frações	Au	Cu	Mo	Pb	Zn	Ag	Ba	La	Ce	U	Fe2O3	MnO	CaO
Latos. Total	1,36	1,09	1,08	1,01	1,04	0,67	0,93	0,92	1,24	1,21	1	1	0,87
< 0,053mm	1,77	1,23	0,98	0,48	1	1	0,97	0,91	1,05	1,31	1	1,07	1,5
0,053-0,5mm	3,25	1,15	1,12	0,19	0,97	1	0,66	1,05	0,98	1,49	0,55	1	0,81
> 0,5mm - pis.	1,51	1,11	1,06	1,23	1,35	0,97	0,7	0,62	0,99	0,89	1,04	0,96	1,5
> 0,5mm - mag.	0,84	1,21	1,07	1,5	0,87	0,73	0,44	0,71	0,66	0,9	1	0,89	0,67
> 0,5mm - conc.	1,27	1,35	1,13	0,95	1,24	0,93	0,6	0,92	0,95	1,01	1,03	0,9	0,67
Crosta Total	1,86	1,23	1,69	2,48	2,77	0,49	1,28	1,84	1,7	4,97	0,99	0,71	2,59
< 0,053mm	2,04	2,21	2,21	0,97	5,3	0,29	0,24	2,03	2,64	6,51	0,9	0,92	17,6
0,053-0,5mm	2,28	1,6	3,26	1,76	1,93	0,29	1,68	2,06	1,9	6,65	1,84	1,18	3,71
> 0,5mm	0,63	1,5	3,39	0,87	2,35	0,29	0,95	1,71	1,62	12,52	1,66	0,72	2
Z. Ferrug. Colaps. Total	9,72	1,52	2,92	4,36	2,11	0,21	1,08	4,75	3,36	10,27	1,36	1,39	2,46
< 0,053mm	34,35	4,58	5,08	0,27	2,71	2,18	0,79	4,25	10,33	12,43	1,42	2,44	2,2
0,053-0,5mm	16,7	2,54	3	0,26	1,5	1,26	0,95	2,99	9,39	11,02	1,7	2,12	1
> 0,5mm	19,68	2,46	3,08	0,14	1,58	1,06	0,94	3,45	8,7	12,41	1,3	1,89	1
Saprólito Total	37,59	2,96	11,37	11,92	2,36	0,41	1,79	15,43	28,44	15,07	2,58	4,34	2,75
Rocha fresca	18,18	25,38	7,2	27,47	1,21	5,62	0,36	5,02	6,82	11,52	1,49	3,2	61,67

IV – ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados alcançados com o presente trabalho mostram que o latossolo não guarda quaisquer relações químicas com os demais materiais e também não apresenta nenhuma relação com a zona mineralizada, pois seus resultados são praticamente indiferenciado se está ou não sobre a zona mineralizada (gráficos 1 e 2), ocorrendo uma depleção brusca dos horizontes abaixo em direção ao latossolo.

A análise dos gráficos nos mostra que o Au, sobre a zona mineralizada, apresenta concentrações mais elevadas no saprólito e na zona ferruginosa (gráficos 1), um pouco reduzida na crosta e muito reduzida no latossolo. Já o cobre, reduz progressivamente da base para o topo do perfil, estando bem reduzidos no latossolo. Este comportamento condiz com alguns estudos sobre metais base em perfis lateríticos que indicam depleção desses metais nos horizontes de crosta e latossolos. Alguns dos elementos analisados também apresentam característica de depleção do saprólito em direção ao topo do perfil e redução no latossolo, sendo eles: MnO, Mo, La, Ce, U e Pb. O zinco é o único elemento que apresenta um aumento

do teor do saprólito até a crosta, e no latossolo volta a ser reduzido. Alguns dos elementos como Fe₂O₃, CaO, Ag e Ba, possuem comportamento difuso ou parecido em todos os estratos abaixo do latossolo.

Nas frações do latossolo, observa-se que os elementos estudados apresentam maiores teores nos materiais da fração mais grossa - > 0,5mm (pis., mag., e conc.), exceto para o Zn, Ba, e CaO, os quais possuem maiores teores na fração intermediária - 0,053->0,5mm (gráficos 2). Os pisólitos são enriquecidos em Au, Ag, Fe₂O₃, MnO e Pb, porém esse material tem baixos teores para Ba, La, Ce, U e CaO. As concreções estão enriquecidas em Au, Cu, Ag, Fe₂O₃ e MnO, e o material magnético apresenta maiores teores para Cu, Mo, Ag, Ce, La, U e Fe₂O₃. Já a fração fina < 0,053mm apresenta-se, na maioria das vezes, com os menores teores dos elementos neste estrato.

Ao contrário da fração fina no latossolo, a fração fina nos estratos da crosta e da zona ferruginosa tem papel importante nestes estratos, pois muitos elementos possuem seus maiores teores nessa fração, tais como Au, Zn, Ba, Ce, La, CaO e MnO, para a fração fina da crosta e Au, Zn, Mo, Ba, La, Ce, MnO e CaO, para a fração fina da zona ferruginosa (gráficos 3 e 4). Com isso, percebemos que a fração mais argilosa do perfil laterítico (z. ferrug. e crosta) concentra na estrutura dos minerais os elementos Au, Zn, Ba, La, Ce, CaO e MnO, sendo que esses elementos vão sendo progressivamente depletados em direção ao topo regolito.

Observa-se que os melhores indicadores da mineralização nos estratos da crosta e da zona ferruginosa, são os elementos Au, Cu, Mo, Zn, La, Ce, U, Fe₂O₃ e MnO, pois estes elementos mostram picos mais elevados dos teores sobre a mineralização em relação aos halos de dispersão (gráficos 1, 3 e 4). Já observando a tabela de contrastes entre a zona mineralizada e os halos de dispersão, nota-se que os elementos como Ag, Ba e o Fe₂O₃ não apresentam bons contrastes, sendo que os melhores contrastes da zona mineralizada com os

halos são o saprólito e a zona ferruginosa, porém a crosta também é um bom meio de amostragem (tabela 4). Na mesma tabela, percebe-se que os melhores elementos guia para pesquisas de mineralizações de Cu-Au são os que apresentam os maiores contrastes, tais como o próprio Au, U, La, Ce, Mo, Cu, Zn, Pb, CaO, e MnO.

V - CONCLUSÕES

A análise do padrão de concentração dos elementos La e Ce mostraram que os níveis lateríticos (zona ferruginosa e crosta) em Igarapé Bahia mantêm semelhante assinatura desses elementos presente nos saprólitos subjacentes, indicando uma formação autóctone dos mesmos. Já os latossolos não guardam qualquer semelhança na distribuição dos ETR com relação à rocha sobre a qual está disposto, indicando tratar-se de material transportado, possivelmente de derivação local. Os resultados mais significativos apontam para um processo intempérico que levou à geração progressiva de um perfil regolítico que vai do protólito à crosta ferruginosa, sendo o latossolo, no topo do perfil, alóctone. Durante o processo intempérico a zona mineralizada foi mais efetivamente modificada, do ponto de vista geoquímico, que a zona não mineralizada. Tais alterações levaram a uma dispersão do ouro partindo das rochas hidrotermalizadas para as crostas lateríticas sobre as rochas estéreis.

Os métodos mais eficazes, observados neste trabalho, de amostragens para mineralizações de Cu-Au são a zona ferruginosa e a crosta laterítica, além do saprólito, sendo que os elementos guias para esse tipo de mineralização são: o próprio Au e Cu, Mo, Pb em amostras totais, Zn, La, Ce, CaO, MnO, e principalmente o U, o qual deu os melhores resultados na análise de contrastes do minério sobre o halo, juntamente com o Au.

Os resultados indicam que o latossolo não é apropriado à amostragem, durante campanhas de prospecção geoquímica em terrenos lateríticos similares à Igarapé Bahia. O mesmo pode mascarar ou até mesmo esconder as anomalias de ouro. Por isso, recomenda-se,

sempre que possível, amostragens dos níveis lateríticos, principalmente da zona ferruginosa, que nos fornece boas respostas sobre a geoquímica da rocha subjacente, mostrando as zonas mineralizadas em ouro e seus halos de dispersão.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- Almada M. C.O. & Villas R.N. 1999. O depósito Bahia: um possível exemplo de depósito vulcanogênico tipo Besshi arqueano em Carajás. *Rev. Bras. Geoc.*, **29**(4):579-592.
- Araújo, O.J.B., Maia, R.G.N., João X.S.J. 1991. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Programa Grande Carajás. Serra dos Carajás. Folha SB.22-Z-A. Estado do Pará. Brasília; DNPM/CPRM. P. 17-49.
- DOCEGEO. 1988. Revisão Litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 35. Belém, 1988. *Anexos aos Anais*. Belém, SBG. p. 11-54.
- Dreher A.M., Xavier R.P. & Martini S.L. 2005. Fragmental rocks of the Igarapé Bahia Cu-Au deposit, Carajás Mineral Province, Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, **35**(3):359-368.
- Lindenmayer Z.G., Ronchi L.H. & Laux J.H. 1998. Geologia e geoquímica da mineralização de Cu-Au primária da mina de Au do Igarapé Bahia, Serra dos Carajás. *Rev. Bras. Geoc.*, **28**(3):257-268.
- Machado N., Lindenmayer Z., Krogh T.E., Lindenmayer D., 1991. U-Pb geochronology of Archean magmatism and basement reactivation in the Carajás area, Amazon Shield, Brazil. *Precambrian Research*, **49**:329-354.
- Nogueira, A.C.R., Truckenbrod, W., Costa, J.B.S., and Pinheiro, R.V.L., 1994, Análise faciológica e estrutural da Formação Águas Claras, Pré-Cambriano da Serra dos Carajás [abs.]: Simpósio de Geologia da Amazônia, IV, Belém, SBG, Resumos expandidos, p. 363-364.
- Rodrigues, E., Lafon, J.M., and Scheller, T., 1992, Geocronologia Pb-Pb da Província Mineral de Carajás. [abs.]: Congresso Brasileiro de Geologia, XXXVII, São Paulo. SBG, Primeiros Resultados, p. 183-184.
- Tallarico, F.H.B., Rego, J.L., and Oliveira, C.G., 1998. A Mineralização de Au-Cu de Igarapé-Bahia, Carajás: Um depósito da classe óxido de Fe (Cu-U-Au-ETR) [abs.]: Congresso Brasileiro de Geologia, XL, Belo Horizonte, SBG, Proceedings, p. 116.
- Tallarico F.H.B., Oliveira C.G., Figueiredo B.R. 2000. The Igarapé Bahia Cu-Au mineralization, Carajás Province. *Rev. Bras. Geoc.*, **30**(2):230-233.
- Tallarico F.H.B., Figueiredo B.R., Groves D.I., Kositcin N., McNaughton N.J., Fletcher I.R., Rego J.L. 2005. Geology and Shrimp U-Pb geochronology of the Igarapé Bahia deposit, Carajás Copper-Gold belt, Brasil: an Archean (2,57 Ga) example of iron-oxide Cu-Au (U-REE) mineralization. *Econ. Geol.*, 100: 7-28.
- Tassinari, C.C.G., and Macambira, M.J.B. 1999. Geochronological provinces of the Amazonian craton: Episodes v. 22, p. 174-182.
- Tazava E., Oliveira C.G., Gomes N.S. 1999 Ocorrência de ferropirosmalita nas brechas mineralizadas do depósito de Au-Cu (ETR-U) de Igarapé Bahia, Província Mineral de Carajás. *Rev. Bras. Geoc.*, **29**(3):345-348.

Tazava E. & Oliveira C.G. 2000. The Igarapé Bahia Au-Cu (REE-U) deposit, Carajás, Brazil.
in: Porter, T.M. (ed) Hydrothermal iron oxide copper-gold & related deposits: a global perspective, Vol. 1; PCG Publishing, Adelaide, pp 203-212.